

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESTUDIO DE SECCIONES DE FIRME.....	3
2.1. VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU).....	3
3. SECCIONES DE FIRME EN CALZADA Y APARCAMIENTOS	5
4. PAVIMENTOS EN ACERAS Y ZONAS PEATONALES	5
5. REHABILITACIÓN DEL FIRME.....	5
6. VADOS PEATONES	6
7. REDUCTORES DE VELOCIDAD	7

1. INTRODUCCIÓN

Para el diseño del paquete de firmes se considera un paquete de firmes a base de zahorra artificial para dar continuidad al firme existente. El paquete de firmes se apoya en un terreno clasificado como tolerable bajo la explanada, y la IMDp, estimada según el anejo de Planeamiento y Tráfico se corresponde con una categoría del tráfico T42, según la Instrucción 6.1-IC Secciones de Firme.

No obstante, según conversaciones con técnicos del Ayuntamiento de Redondela, consideran más adecuado por homogeneidad con viales similares en el entorno de dicho municipio una categoría T41.

2. ESTUDIO DE SECCIONES DE FIRME

Según la instrucción 6.1-IC Secciones de Firme, se presentan dos alternativas: conseguir una explanada E1 o conseguir una explanada E2. Se descarta conseguir una explanada E3 para no tener que recurrir a estabilizados.

Se ha desestimado la utilización de las secciones que contienen suelo cemento (sección 4112 y sección 4122) dado que el escaso volumen a emplear en obra encarece sustancialmente esta solución. O por lo que respecta las secciones que se incluye como base el hormigón (sección 4114 y sección 4124), se descarta al no existir continuidad con los firmes existentes de los viales adyacentes, además su uso actualmente es muy bajo, motivado por un coste de construcción mayor que las otras secciones citadas.

Así para conseguir el paquete de firmes con explanada E1, la sección 4111 estaría compuesta de:

- 10cm de Hormigón bituminoso.
- 40 cm de Zahorra artificial.
- 45 cm de Suelo Seleccionado como mejora de explanada

Para conseguir el paquete de firmes con explanada E2, la sección 4121 estaría compuesta de:

- 10cm de Hormigón bituminoso.
- 30 cm de Zahorra artificial.
- 75 cm de Suelo Seleccionado como mejora de explanada

Para elegir entre las dos opciones se realiza un estudio del coste económico de cada una de ellas por m², teniendo en cuenta que el espesor y tipo de Hormigón bituminoso es el mismo en los casos no se ha tenido en cuenta para realizar dicho estudio.

Sección 4111

Código	Ud	Resumen	Precio	Medición	Subtotal
510.0010	m ³	Zahorra artificial	18,19 €	0,4	7,28 €
323.001	m ³	Suelo seleccionado procedente de préstamo/cantera	6,67 €	0,45	3,00 €
				TOTAL	10,28 €

Sección 4121

Código	Ud	Resumen	Precio	Medición	Subtotal
5.100.010	m ³	Zahorra artificial	18,19 €	0,3	5,46 €
323.001	m ³	Suelo seleccionado procedente de préstamo/cantera	6,67 €	0,75	5,00 €
				TOTAL	10,46 €

Por lo cual, considerando la opción más económica, se adopta la sección 4111 como paquete de firmes tanto para calzadas como para aparcamientos.

A modo de contraste, siguiendo las "Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano" del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, concretamente de su Dirección General para la Vivienda, el Urbanismo y la Arquitectura, editado en 1.995, estaríamos en el caso de explanadas tipo S0 con suelos tolerables y CBR entre 3 y 5 y una categoría de tráfico tipo D para tráfico medio-ligero e IMD de vehículo pesados entre 15 y 50 vehículos día. Para este caso las recomendaciones proponen una pavimentación de 25 cm de zahorra y 15 cm de mezcla bituminosa, equivalente a la sección propuesta.

2.1. VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU)

Los tipos de ligante hidrocarbonado a emplear serán:

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	TIPO DE CAPA	Denominación (UNE-EN 12591)	DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE (según Art. 542 PG-3)	RELACION POLVO MINERAL /LIGANTE
Media	Rodadura	50/70*	5 %	1,1
	Intermedia	50/70*	4,5 %	1

(*) Aplicación de la norma UNE-EN 12591

En el artículo 542 del PG-3, se señala que según lo dispuesto en el apartado 8 del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 26 de diciembre de 2008, se fomentará el uso de polvo de caucho procedente de la trituración de neumáticos fuera de uso, siempre que sea técnica y económicamente posible.

Para este estudiar la viabilidad técnica y económica, se ha tenido en cuenta lo establecido en la O.C. 21/2007 sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) y en el Manual de empleo de neumáticos fuera de uso en mezclas bituminosas del CEDEX (Mayo 2007).

En la citada O.C. 21/2007 se justifica la **viabilidad técnica** del empleo del producto resultante de la trituración de NFU estableciendo que:

Cualquier betún mejorado con caucho procedente de NFU que cumplan las especificaciones de la Tabla 1 de la Orden Circular, pero no las del artículo 212 del PG-3, tendrá la misma consideración que un betún de penetración que cumpla el artículo 211. Se denominará añadiendo la letra C a la denominación actual (en 2007 "BC"). Los betunes mejorados con caucho que cumplan las especificaciones de la Tabla 1 de la O.C. 21/2007 se podrán emplear en la fabricación de MBC en las mismas condiciones y capas que las indicadas en el PG-3 (tabla 542.1). Serán por tanto de aplicación en las capas inferiores (Intermedia o base) de los firmes de las categorías de tráfico pesado T00 a T41 y en la capa superior (rodadura) en las categorías de tráfico T1 a T4.

Tabla 1.- Especificaciones de betunes mejorados con caucho (BC)

Característica	Norma de referencia	Unidad	BC35/50	BC50/70
Betún original				
Penetración, 25°C	UNE EN 1426	0,1mm	35-50	50-70
Punto de reblandecimiento anillo y bola	UNE EN 1427	°C	≥ 58	≥ 53
Punto de fragilidad Fraass	UNE EN 12593	°C	≤ -5	≤ -8
Fuerza ductilidad (5cm/min)	UNE EN 13589 UNE EN 13703	J/cm ²	≥ 0,5	
Recuperación elástica a 25 °C	UNE EN 13398	%	≥ 10	
Estabilidad al almacenamiento(*)	UNE EN 13399	Diferencia anillo y bola	°C	
		Diferencia de penetración	0,1mm	≤ 8 ≤ 10
Solubilidad	UNE EN 12592	%	≥ 92	
Punto de inflamación v/a	UNE EN ISO 2592	°C	≥ 235	
Residuo del ensayo de película fina y rotatoria				
Variación de masa	UNE EN 12607-1	%	≤ 1,0	
Penetración retenida	UNE EN 1426	%p.o.	≥ 65	≥ 60
Variación del Punto de Reblandecimiento	UNE EN 1427	°C	min -4 máx +8	min -5 máx +10

(*) Únicamente exigible a ligantes que no se fabriquen "in situ"

Por consiguiente, se considera justificada la viabilidad técnica de la sustitución de los betunes propuestos para el presente proyecto por aquellos mejorados con polvo de caucho procedente de NFU.

Para valorar la justificación de la **viabilidad económica** la O.C. 21/2007 establece que en cada proyecto u obra en los que se prevea la utilización de estos ligantes, se estudiará si las condiciones del mercado permiten su empleo sin sobrecostos no justificados sobre el ligante alternativo. Se indica asimismo que en tanto no se generalice el uso de estos ligantes y se establezca la competencia en la fabricación y suministro del polvo de NFU y en los ligantes que lo incorporen, las Subdirecciones Generales de Proyectos, de Construcción y de Conservación y Explotación, en su ámbito, autorizarán caso por caso los precios de estos ligantes a incluir en los proyectos, de forma que se garantice la viabilidad económica de su utilización.

Para el presente análisis por lo tanto se han tenido en cuenta los precios establecidos para este tipo de ligantes en la *Base de Precios de referencia de la Dirección General de Carreteras O.C 37/2016* publicado en enero de 2016.

Por lo que respecta a los betunes mejorados con polvo de caucho en contraposición a los betunes de penetración convencionales, en la Base de Precios de la D.G.C. establece un incremento de precios unitarios en el entorno de un 10 %:

Nº DE ORDEN	CÓDIGO	UDS.	DESCRIPCIÓN	PRECIO
5.7.3	211.002	t	Betún asfáltico en mezclas bituminosas 50/70 (B 60/70)	440,00 €
5.7.10	211.005	t	Betún mejorado con caucho procedente de polvo de neumático fuera de uso, tipo BC50/70, para mezclas bituminosas en caliente, a pie de obra o planta	480,00 €

A este sobrecoste por el mayor precio unitario hay que añadir el derivado del incremento de dotación de betún en la mezcla, como indica el Manual del CEDEX, el cual establece que para este tipo de ligantes los contenidos óptimos de betún (a determinar en cada caso mediante los correspondientes ensayos) son generalmente superiores (del orden del 0,25-0,35 % superiores) a los obtenidos para mezclas equivalentes fabricadas con betunes convencionales, ya que el contenido de caucho debe descontarse del ligante.

Atendiendo entonces a los criterios de eficiencia prescritos por la *Orden FOM/3317/2010 por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la*

ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento, no se considera justificada la viabilidad económica de la utilización de los betunes mejorados con polvo de caucho de NFU.

Como conclusión por lo tanto, los ligantes a utilizar en el proyecto serán:

TIPO DE CAPA	Denominación (UNE-EN 12591)	DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE (según Art. 542 PG-3)	RELACION POLVO MINERAL /LIGANTE
Rodadura	50/70*	5 %	1,1
Intermedia	50/70*	4,5 %	1

3. SECCIONES DE FIRME EN CALZADA Y APARCAMIENTOS

En función de las categorías de tráfico definidas anteriormente se proponen los firmes a utilizar para cada una de ellas basándose en la experiencia del equipo redactor, en actuaciones similares en climas similares.

Para la categoría de tráfico T41 la sección de firme seleccionada se esquematiza en la siguiente tabla:

SECCIÓN TIPO	CAPA / RIEGO	TIPO	ESPESOR/ DOTACIÓN	DENSIDAD (t/m ³)
4111	Capa Rodadura	AC16 Surf 50/70 D	5 cm	2,45 t/m ³
	Riego de adherencia (termoadherente)	C60B3 TER	0,0005 t/m ²	
	Intermedia	AC 22 bin 50/70 S	5 cm	2,40 t/m ³
	Riego de imprimación	C50BF5 IMP	0,001 t/m ²	
	Sub-base	Zahorra artificial	40 cm	

En el Paso Superior de Trasmañó se aplicará una capa de impermeabilización con solución bicapa sobre el que se extenderá una capa de rodadura de 5 cm de mezcla AC16 Surf 50/70 D.

4. PAVIMENTOS EN ACERAS Y ZONAS PEATONALES

En las aceras se colocará un pavimento con la siguiente configuración:

Baldosa de granito color Gris Mondariz, de 60x40x4 cm
2 cm Mortero de asiento
15 cm Hormigón en masa HM/P/20/II a+Qa

En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo del pavimento seleccionado:



Ilustración 1. Aceras con pavimento de baldosa de granito Gris Mondariz

5. REHABILITACIÓN DEL FIRME

Desde el final de la actuación en la rúa Pasan hasta la N-552, así como las calles del entorno del paso superior de dicha calle, el firme presenta en la actualidad un deterioro superficial considerable en algunas secciones lo que afecta considerablemente a la seguridad en la circulación.

La necesidad de la rehabilitación o renovación superficial viene definida en la Norma 6.3 -I.C, que puede justificarse si se produce alguno de los siguientes casos:

- Cuando no sea necesaria una rehabilitación estructural, de acuerdo con lo indicado en esta norma, pero el estado superficial del pavimento presente deficiencias que afectan a la seguridad de la circulación, a la comodidad del usuario o a la durabilidad del pavimento. Las

deficiencias que, en determinado grado, pueden justificar una rehabilitación superficial del firme son las siguientes:

- Pavimento deslizante por pulimento o por falta de macrotextura.
- Pavimento deformado longitudinal o transversalmente, con una regularidad superficial inadecuada.
- Pavimento fisurado, descarnado o en proceso de desintegración superficial
- Cuando, realizada la tramificación según lo indicado en el apartado 6.1, existan tramos cortos (inferiores a 200 m) que no precisen rehabilitación estructural ni superficial, pero estén comprendidos entre dos contiguos que sí la necesitan, podrá ser conveniente dar continuidad a la superficie de rodadura, por criterios de uniformidad funcional.
- Por razones de conservación preventiva, en ciertos casos convendrá aplicar el criterio anterior a tramos o grupos de tramos de longitud mayor, en los que, de acuerdo con esta norma, no sea estrictamente necesaria la rehabilitación (estructural o superficial), pero se prevea que lo vaya a ser a corto plazo.

En este caso, de acuerdo a la inspección visual efectuada, no se observan deficiencias estructurales del firme presentando solamente deficiencias superficiales debido a la regularidad superficial inadecuada, siendo esto un inconveniente para la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía.

Cuando el estado del firme no haga necesaria la realización de una actuación de rehabilitación estructural, pero la superficie del pavimento presente deterioros que afecten a la seguridad de la circulación, a la comodidad del usuario o a la durabilidad del firme, se procederá a su rehabilitación, como es el caso, siguiendo lo establecido en el apartado 11 de la Norma 6.3-I.C. Rehabilitación del Firme.

La solución adoptada en este caso, consistirá en la rehabilitación superficial del firme mediante el fresado de la capa de rodadura en un espesor de 5 cm y la posterior reposición de esta capa con una mezcla bituminosa en caliente tipo AC16 Surf 50/70D de 5 cm de espesor y aplicación sobre la superficie del firme fresado de un riego de adherencia de emulsión catiónica termoadherente tipo C60B3 TER.

6. VADOS PEATONES

En las zonas de pasos de peatones se cumplirá la “Lei 10/2014, do 3 de Decembro, de accesibilidade”, utilizando vados de peatones desarrollados en el sentido perpendicular al itinerario del peatón, debiendo evitarse que las diferencias de nivel terminen en aristas vivas.

Por ello se dispondrán rampas en los pasos de cebra según los esquemas de los planos. En los vados para peatones se realizará con baldosas de granito Rosa Porriño, de 60x40x4 cm, con acabado ranurado de la superficie vista y cantos aserrados, tal y como se indica en el plano correspondiente del Documento N°2, con este material de forma que el tacto y el color ayuden a las personas con deficiencias visuales a orientarse. En la ilustración siguiente se muestra su configuración:



Ilustración 2. Vados para peatones. Acceso a pasos de cebra

En la zona de la iglesia, para permitir el acceso a los vehículos se proyectan dos vados, los cuales se realizarán de pavimento de adoquín de granito Gris Mondariz, de piezas de 10x20x10 cm con acabado flameado en la cara vista y el resto aserradas, aparejado a matajunta para tipo de colocación flexible, tal y como se indica en el plano correspondiente del Documento N°2.

A continuación se muestra una imagen con un ejemplo de la solución propuesta



Ilustración 3. Vista de pavimentación en acceso a aparcamiento o garajes



Ilustración 4. Imagen de paso de peatones elevado para reducción de velocidad

7. REDUCTORES DE VELOCIDAD

Con motivo de mantener una velocidad reducida de 30 km/h en toda la Rúa Pasán, se proyecta la colocación de reductores de velocidad de sección transversal trapezoidal (pasos peatonales sobreelevados).

Las dimensiones de estos reductores serán:

- Altura: 10cm \pm 1cm.
- Longitud de la zona elevada: 4m \pm 0,20 m
- Longitud de las rampas: 1 m.